Analisa Neraca Massa Pada Alat Benzene Column

Reifa Kharisma Muhammad[1], Yuono[2]

[1]Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Bandung
[2]Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : reifak10@gmail.com

Received 05 09 2023 | *Revised* 12 09 2023 | *Accepted* 12 09 2023

ABSTRAK

Di Indonesia, terdapat Perusahaan kimia yang menghasilkan produk utama berupa Linear Alkylbenzene (LAB). Dalam pembuatannya, dilakukan pencampuran antara Benzene dengan n-Oleffin. Bahan baku yang dapat terkonversi hanya sekitar 15%. Maka dilakukan pemisahan untuk efisiensi dan kemurnian produk. Benzene merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang mudah menguap, sementara n-Oleffin merupakan senyawa hidrokarbon rantai tak jenuh dan merupakan hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap. Linear Alkylbenzene merupakan bahan kimia organik yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan deterjen. Kemurnian Linear Alkylbenzene bisa mencapai 99,9%. Untuk mencapai kemurnian tersebut maka perlu dilakukan pemisahan. Benzene Column merupakan Menara destilasi yang digunakan untuk memisahkan Benzene dari seyawa hidrokarbon. Analisa neraca massa diperlukan untuk mengetahui seberapa banyak bahan baku yang masuk, dan seberapa banyak pula produk yang dihasilkan. Pada hasil Analisa neraca massa, didapatkan hasil berupa massa masuk sebanyak 133.803,30 kg dan massa yang keluar sebagai produk bawah sebesar 114.977,60 kg dan massa produk atas sebesar 18.825,70 kg.

Kata kunci: Linear Alkylbenzene, Neraca Massa, Deterjen, Hidrokarbon, Benzene Column

ABSTRACT

In Indonesia, there are chemical companies that produce the main product in the form of Linear Alkylbenzene (LAB). In its manufacture, Benzene is mixed with n-Oleffin. Only around 15% of the raw materials can be converted. So separation is carried out for efficiency and product purity. Benzene is a volatile aromatic hydrocarbon compound, while n-Oleffin is an unsaturated chain hydrocarbon compound and is a hydrocarbon that has double bonds. Linear Alkylbenzene is an organic chemical that is often used as a raw material for making detergents. The purity of Linear Alkylbenzene can reach 99.9%. To achieve this purity, separation is necessary. Benzene Column is a distillation tower used to separate Benzene from hydrocarbon compounds. Mass balance analysis is needed to find out how much raw material is entered, and how much product is produced. In the results of the mass balance analysis, the results obtained were an incoming mass of 133,803.30 kg and an exiting mass as a bottom product of 114,977.60 kg and an upper product mass of 18,825.70 kg.

Keywords: Linear Alkylbenzene, Mass Balance, Detergent, Hydrocarbon, Benzene Column

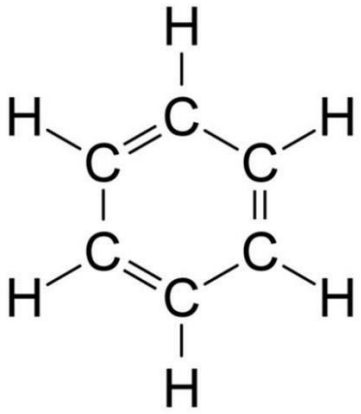
1. Pendahuluan

Di Indonesia, terdapat salah satu perusahaan kimia yang menghasilkan produk utama berupa Linear Alkylbenzene (LAB) yang biasa digunakan sebagai salah satu bahan baku dalam pembuatan deterjen. Perusahaan ini memiliki kapasitas produksi 300.000 MT/Tahun yang terdiri dari empat plant. Dalam pengolahan menjadi suatu produk, dilakukan beberapa tahapan kimia seperti penyimpanan, pengeringan, pencampuran, hingga pemisahan.

Dalam pembuatan produk Linear Alkylbenzene, dilakukan pencampuran antara Benzene dengan n-Oleffin atau bisa dibilang reaksi antara n-Oleffin dengan Benzene. Pada reaksi tersebut, harus ditambahkan katalis karena pada reaksi tersebut bahan baku yang dapat terkonversi menjadi produk hanya sekitar 10%-15%. Katalis yang digunakan pada reaksi ini yaitu HF. Selain itu, perlu juga dilakukan pemisahan produk agar proses bisa lebih efisien dan kemurnian dari produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Adapun reaksi yang terjadi dalam pembentukan Linear Alkylbenzene yaitu Alkilasi Benzene dengan n-Oleffin rantai lurus dengan range n-Oleffin C_{10}-C_{13} atau C_{11}-C_{14} yang ditunjukan pada Persamaan (1).

$$\underset{\text{n-Oleffin}}{\text{R-CH=CH-R'}} + \underset{\text{Benzene}}{C_6H_6} \rightarrow \underset{\text{Alkylbenzene}}{\text{R-CH(}C_6H_6\text{)-CH}_2\text{-R'}} \quad (1)$$

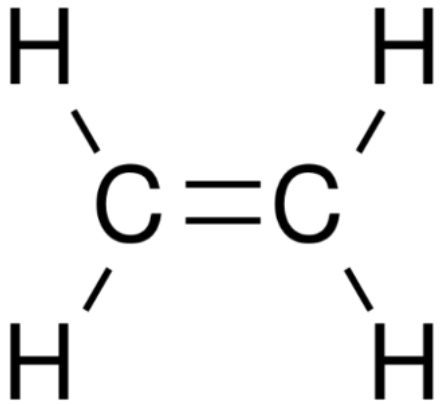
Benzene merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang mudah menguap (titik didih 80°C) dengan formula C_6H_6. Senyawa ini tidak berwarna dan dapat mudah terbakar dengan aroma yang manis (Speight, 2002). Benzene pertama kali diisolasi pada tahun 1825 oleh Michael Faraday pada lapisan minyak sebagai penerang, lalu pada tahun 1845 seorang kimiawan Inggris Bernama Charles Mansfield mengisolasi benzene dari coal tar. Pada tahun 1865, seorang ahli kimia Jerman bernama August Kekulee mendeskripsikan struktur benzene sebagai cincin heksagonal dengan ikatan rangkap bolak-balik yang ditunjukan pada **Gambar 1.** Dan sejak itu benzene menjadi salah satu bahan kimia yang paling banyak dipelajari di Indonesia.



Gambar 1. Struktur Molekul Benzene

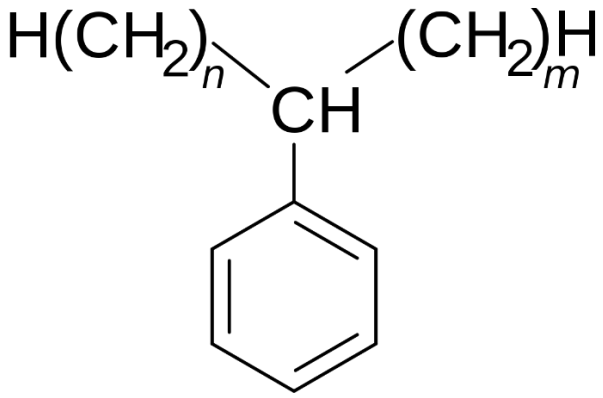
Oleffin merupakan senyawa hidrokarbon rantai tak jenuh, yaitu merupakan hidrokarbon yang memiliki ikatan rangkap. Senyawa ini dapat bereaksi lamgsung dengan Klor, Brom, Asam Klorida, dan Asam Sulfat tanpa menggantikan atom Hidrogen. Oleffin dengan titik didih yang

rendah kemungkinan tidak akan ditemukan dalam minyak mentah, namun berada dalam produk perengkehan. Oleffin memiliki formula C_nH_{2n} (alkena rantai lurus) dengan wujud cair dan tidak berwarna, serta memiliki berat molekul 160-174 dan titik didih 213^oC-216^oC pada tekanan 1 atm. Struktur molekul Oleffin ditunjukan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur Molekul Oleffin

Linear Alkylbenzene (LAB) merupakan salah satu bahan kimia organik dengan formula $C_{12}H_{25}C_6H_5$ yang sering digunakan sebagai bahan baku pada industri deterjen. Dengan semakin meningkatnya penggunaan deterjen dalam kehidupan manusia, mengakibatkan industri Linear Alkylbenzene semakin berkembang. Pada perusahaan ini, didapatkan kemurnian dari produk Linear Alkylbenzene yaitu mencapai 99,9% serta memiliki titik didih 331^oC dan densitas sebesar 860 kg/m^3. Linear Alkylbenzene banyak digunakan pada industri kimia karena tidak menimbulkan polusi lingkungan dan mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Di Indonesia, dengan semakin berkembangnya industry deterjen, maka kebutuhan Linear Alkylbenzene (LAB) dari tahun ketahun semakin meningkat. Pada **Gambar 3** menunjukan struktur molekul dari Linear Alkylbenzene.



Gambar 3. Struktur Molekul Linear Alkylbenzene

Pada perusahaan ini, Benzene Column merupakan Menara distilasi yang digunakan untuk memisahkan Benzene yang terdapat didalam senyawa hidrokarbon. Benzene Column ini dilengkapi dengan 30 sieve trays dan Benzene Column Reboiler menggunakan hot oil sebagai pemanasnya. Benzene Column ini juga diengkapi dengan Benzene Column Condenser yang menggunakan udara sebagai media pendinginnya. Benzene Column ini merupakan bagian dari proses yang sangat penting karena pada proses ini dapat menentukan kemurnian dari produk utama. Pada proses alat ini juga akan memisahkan produk utama yang diinginkan dengan produk samping yang mungkin dapat terjadi.

Destilasi merupakan suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan titik didihnya (kemudahan dari suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi merupakan suatu proses fisika dan tidak terjadi adanya reaksi kimia yang terjadi pada saat proses berlangsung. Dasar utama pada proses pemisahan dengan cara destilasi yaitu perbedaan titik didih cairan pada tekanan tertentu. Proses ini biasanya melubatkan suatu penguapan campuran dan diikuti dengan proses pendinginan dan pengembunan.

Proses destilasi pada perusahaan ini sudah dirancang sedemikian rupa untuk kapasitas tertentu, namun setelah pemakaian dengan jangka waktu yang cukup lama maka ada kemungkinan berkurangnya efisiensi dari alat tersebut, sehingga dapat menyebabkan adanya permasalahan. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan analisa neraca massa pada proses tersebut untuk mengetahui efisiensi dari alat tersebut.

Neraca massa merupakan suatu hal yang sangat penting bagi suatu perusahaan kimia, karena merupakan salah satu dasar dalam perhitungan satuan operasi dan satuan proses. Semua dasar perhitungan tersebut harus didasarkan berdasarkan hukum kekekalan massa. Neraca massa yang dianalisa pada perusahaan ini meliputi neraca massa masuk dan neraca massa keluar sistem selama pengoperasian proses pada alat Benzene Colum dengan rumus yang ditunjukan pada Persamaman (2). Untuk menghitung neraca massa, dari data-data yang didapat dihitung neraca massa masuk dan neraca massa keluar dengan basis 1 jam operasi. Antara neraca massa masuk dan neraca massa keluar harus dalam keadaan seimbang, dalam arti neraca massa masuk harus sama dengan neraca massa keluar.

$$massa\ masuk\ sistem = massa\ keluar\ sistem + akumulasi \quad (2)$$

2. Metodologi Penelitian

Sebagai penunjang informasi untuk metode yang digunakan pada penelitian ini, maka dijelaskan mengenai tahap pengumpulan data yang akan digunakan di perhitungan serta tahap langkah-langkah perhitungan yang digunakan.

2.1. Pengumpulan data

Metode yang digunakan dalam memperhitungkan neraca massa pada alat Benzene Column yaitu dengan menggunakan metode perbandingan. Data yang digunakan untuk metode perbandingan tersebut yaitu menggunakan data yang didapat dalam ruangan DCS (Distributed Control System). Pada ruang DCS didapatkan data laju alir yang akan digunakan dalam pemperhitungkan neraca massa. Data yang didapatkan yaitu berupa laju alir volumetrik untuk senyawa yang dimasukan kedalam Benzene Column yaitu sekitar 155m^3 dimana aliran yang masuk memiliki temperatur 200^{o}C yang terdiri dari Benzene, Linear Alkylbenzene, n-Oleffin, dan hidrokarbon. Temperatur operasi pada alat ini yaitu sekitar 260^{o}C agar dapat menguapkan Benzene. Benzene yang telah diuapkan akan didinginkan menggunakan Air Fan hingga temperaturnya mencapai 80^{o}C dengan tujuan untuk merubah fasa Benzene dari uap menjadi cairan. Benzene yang telah dicairkan akan terbagi menjadi dua aliran, Sebagian Benzene akan dialirkan ke aliran selanjutnya, dan Sebagian lagi akan dialirkan menjadi refluks. Laju alir produk bawah yang dihasilkan pada proses ini yaitu 133,19 m^3 dengan temperatur 260^{o}C. Diketahui pula bahwa pada produk bawah mengandung 98% Linear alkylbenzene dan 2% benzene. Sedangkan untuk produk atasnya mengandung 98% benzene dan 2% Linear Alkylbenzene. Densitas campuran yang didapat yaitu 836,26 kg/m^3.

2.2. Langkah-langkah Perhitungan

Setelah didapatkan pengumpulan data yang dapat digunakan untuk perhitungan, maka langkah perhitungan yang digunakan yaitu menghitung laju alir massa dengan rumus yang ditunjukan pada Persamaan (3)

$$m = \rho . V \tag{3}$$

Serta menghitung neraca massa dengan rumus yang ditunjukan pada Persamaan (4)

$$m_{masuk\ sistem} = m_{keluar\ sistem} \tag{4}$$

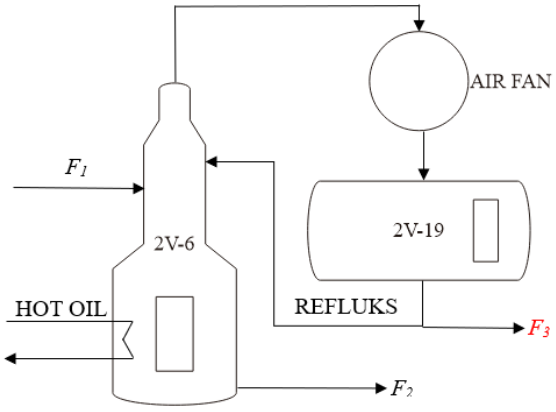
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Neraca Massa Berdasarkan Teori

Neraca Massa merupakan cabang yang mempelajari kesetimbangan massa dalam sebuah sistem. Dalam neraca massa, sistem merupakan sesuatu yang diamati atau dikaji. Neraca massa merupakan konsekuensi logis dari hukum kekekalan massa yang menyebutkan bahwa di alam ini jumlah total massa adalah kekal dan tidak dapat dimusnahkan ataupun diciptakan. Massa yang masuk kedalam suatu sistem harus keluar meninggalkan sistem tersebut atau terakumulasi didalam sistem. Akumulasi massa dapat bernilai negative atau positif. Pada umumnya, neraca massa dibangun dengan memperhitungkan total massa yang melalui suatu sistem.

3.2. Neraca Massa Berdasarkan Perhitungan

Pada alat Benzene Column yang merupakan unit pemisahan antara benzene dengan senyawa lain yang terkandung didalamnya aliran masuk kedalam alat ini memiliki flow 155m^3 dan produk keluarannya terbagi menjadi dua aliran yaitu produk atas dan produk bawah. Pada aliran produk bawah diketahui flow nya 133m^3 dan pada aliran produk atas tidak diketahui flow nya. Dalam menganalisa neraca massa maka dapat ditentukan massa yang masuk sama dengan massa yang keluar dengan menggambar sistem seperti yang ditunjukan pada **Gambar 4**. Massa yang masuk meliputi dua komponen yaitu benzene dan Linear Alkylbenzene dengan konsentarsi Linear Alkylbenzene yang masih rendah. Diketahui pula bahwa pada produk bawah mengandung 98% Linear alkylbenzene dan 2% benzene. Sedangkan untuk produk atasnya mengandung 98% benzene dan 2% Linear Alkylbenzene. Densitas campuran yang didapat yaitu 836,26 kg/m^3. Dari data tersebut maka didapatkan massa yang keluar pada produk bawah yang ditunjukan pada **Tabel 1**.



Gambar 4. Sistem Pada Alat Benzene Column

Tabel 1. Total Massa Pada Aliran Bawah

	Komponen	Laju Alir (m3)	Densitas (kg/m3)	Fraksi	Massa (kg)
F2	Linear Alkylbenzene	133,19	863	0,98	112.644,11
	Benzene		876	0,02	2.333,49
	Total				114.977,60

Dan didapat pula massa pada aliran masuk dengan menggunakan rumus pada Persamaan (5).

$$m = \rho . V \tag{5}$$

Maka didapatkan hasil total massa masuk yaitu 133.803,30 kg. setelah massa masuk sistem didapatkan, dan massa keluar sistem pada produk bawah telah didapatkan, maka akan didapat pula total massa yang keluar pada produk atas yang ditunjukan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Neraca Massa Total

NERACA MASSA TOTAL (KG)				
F_1	=	F_2	+	F_3
133.803,30	=	114.977,60	+	F_3
F_3	=	18.825,70		

3.3. Perbandingan Antara Teori Dengan Perhitungan

Neraca massa merupakan ilmu yang mempelajari kesetimbangan massa dalam sebuah sistem. Dalam neraca massa, sistem adalah sesuatu yang diamati atau dikaji. Massa yang masuk kedalam suatu sistem harus keluar meninggalkan sistem tersebut atau terakumulasi didalam sistem. Nilai neraca massa masuk harus sama dengan neraca massa keluar. Jika tidak, maka ada massa yang hilang dan harus ditinjau lebih lanjut lagi. Pada analisa neraca massa ini yang dilakukan pada alat Benzene Coluimn dimana neraca massa masuk sistem sama dengan neraca keluar sistem. Hal ini sesuai dengan teori yang berlaku dimana memang pada seharusnya massa yang masuk kedalam sistem harus sama dengan massa yang meninggalkan sistem.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa pada analisa neraca massa ini hasil yang didapatkan sesuai dengan teori, dimana neraca massa masuk sama dnegan neraca massa keluar. Namun pada kenyataannya pada sistem tersebut tidak dipasang indikator yang memang seharusnya pada setiap aliran terpasang indikator agar lebih memudahkan pada proses analisa.

DAFTAR PUSTAKA

Arapenta, Frans., xxxx., MENGHITUNG NERACA MASSA PADA ALAT SATURATOR PADA UNIT ZA I DEPARTEMEN PRODUKSI I A.

Azizah, A Nur, 2017. DESTILASI. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponogoro.

Gentry, Joseph C. 2011. Neural Network-Based Controller Design of a Batch reaction. Journal of Catalysis, 56, 32-39.

Hazadin, 2021. PRA-RANCANGAN PABRIK LINEAR ALKYLBENZENE. http://repository.iti.ac.id/jspui/handle/123456789/1079

Speight, James G. 2002. Chemical and Process Design Handbook.